工程案例驱动与需求导向的研究生教学探索—以《流体润滑理论》课程为例

张辉 代松杰 董光能

西安交通大学机械工程学院，陕西西安，710049

摘要：当前传统的工科类研究生教育正面临着教学内容陈旧、理论实践脱节、创新缺乏等挑战。新时代新工科教育的深入发展，需要对工科教育进行变革，教育模式需要向更加注重实践、应用与创新的方向发展。本文通过对《流体润滑理论》课程教学实践探讨，分析了工程案例问题讨论作为教学手段在研究生教育中的价值。通过工程案例问题驱动，从实际需求出发，理论联系实践，启发学生探讨、辩论、归纳、总结，不仅能够提高学生的学习兴趣、加深理论知识的理解，还能够培养学生的批判性思维和创造性解决实际工程问题的能力。此外，文章还探讨了如何在课堂教学中有效地实施案例讨论，创建积极的学习氛围，以及如何构建一个科学合理的课程考核体系，旨在为研究生工程类课程的教学提供有益的借鉴。

关键词：教学改革；新工科；案例讨论；流体润滑理论；研究生教育

中图分类号：G643　　　　**文献标志码：**A

工科类研究生教育承载着理论研究与实践能力提升的双重任务，是培养高层次创新型工程技术人才的重要途径[1, 2]。然而，在传统教学模式下，一些课程内容陈旧，缺乏创新，过于注重理论讲授，忽视了实际应用的拓展与深化。传统的教学方法虽然在某种程度上有助于培养学生的基础理论能力，但在调动学习积极性方面则略显不足。此外，传统教学模式下，学生面临复杂工程问题时，往往出现理论与应用的“割裂感”、“鸿沟感”，缺乏解决实际问题的综合能力[3]。因此，如何在确保学生掌握基础理论的前提下，提升学生学习兴趣和积极性，并培养学生学以致用、解决复杂工程问题的能力是工科教学改革的关键问题。

《流体润滑理论》是西安交通大学机械学院具有悠久历史的传统理论学科，其内容涉及流体力学、热学、材料学等多学科领域[4]。学生在该课程学习过程中普遍反映“内容枯燥”、“难度太高”等问题。《流体润滑理论》课程目标不仅在于基础理论知识的理解、掌握，还需要学生具备解决实际工程问题的能力。因此，在该课程教学过程中适当引入工程案例，以问题为驱动，以需求为导向，通过学生分组讨论、课堂辩论、归纳总结的方式，不仅能调动学生兴趣，而且让学生意识到学的基础理论知识是“鲜活的”、与时俱进的，是有用的，是

可以解决问题的，从而提升学生批判性思维、创造性思维以及解决问题的综合能力。本文以《流体润滑理论》课程为例，探索工程案例问题驱动、需求导向的研究生教学模式，分析其实施策略及效果，并为未来相关课程的教学提供理论参考和实践经验。

一、新时代工科研究生教育的现状与挑战

1. 当前工科教育难点问题

2018 年 9 月 17 日，教育部、工业和信息化部、中国工程院发布《关于加快建设发展新工科实施卓越工程师教育培养计划 2.0 的意见》。文件指出：要紧紧围绕国家战略和区域发展需要，加快建设发展新工科，促进我国从工程教育大国走向工程教育强国[5]。2023 年我国的人均 GDP 达到 1.27 万美元，位居中等收入国家前列，接近高收入国家标准。当前，我国处于跨越“中等收入陷阱”的关键时期，传统发展模式面临资源约束、环境压力、技术瓶颈等挑战，而新质生产力已成为突破这些瓶颈的关键。新一轮科技革命和产业变革的新趋势中，工科教育承担着培养“高素质”工程师队伍的重要任务，扮演着提升我国新质生产力的重要角色[6, 7]。

对于工科教育，不同于本科阶段培养基础知识和基础技能的教学理念，研究生阶段学生不仅需要扎实的理论基础，更应具备独立思考和创新能力，同时还应具有将理论与实际工程问题结合的能力。学以致用是研究生教育的根本要求，尤其在工程类学科中，实践能力的培养尤为重要[8]。

然而，当前工科教育面临着一系列的难点问题，亟需改革、突破。从教学方法上看，依然是课堂为主、“以教师为中心”，没有转变到以指导学生为主、协同的教学方法上来；从教学内容上看，普遍以基础理论为主，与工程实际脱节；从教材来看，工科教育普遍采用的经典教材，内容较为陈旧，未能及时反映学科前沿、热点问题。

2. 工程型人才的培养

新的技术革命和产业升级要求工科教育不仅要关注学生的专业技能和基础理论的学习，还要强调跨学科知识的融合、工程实践能力的培养以及创新能力的提高。然而，当前高校对于人才培养并不契合用人单位需求。一方面，包括研究生在内的大量高校毕业生存在“就业难”的问题；另一方面，大量企业反映高校毕业生“眼高手低”，企业存在高级别技术人才“招工难”的问题。这正是高校重理论教育，企业重工程实践，二者没有实现有效结合造成的。因此，高校在研究生教育阶段需要特别关注基础理论与工程实际的联系。新工科教育的核心目标就是通过课程内容、教学方法和评价体系的改革，培养出能够应对复杂工程问题、

适应现代工程技术、运用现代工具、具备跨学科综合能力和创新思维的高水平人才。因此，工科教育的改革不仅在教学内容需要创新，更是在教学方法和教学评价体系上的突破。

二、工程案例讨论的教学价值与意义

在工科教育的教学改革过程中，工程案例讨论是一种非常有效的教学手段。《流体润滑理论》课程传统的教学方式为基本理论推导、解释、传统应用题求解。课堂上师生互动较少，学生学到的理论与工程实际是割裂的。工程案例讨论式教学旨在突破传统的老师讲学生听的教学方式。通过案例，将理论与工程密切结合，以问题为驱动、以需求为导向，并通过营造氛围，改革评价方式等方法，让学生敢于开口讨论，敢于批判，敢于争辩，从而不断思考，不断加深对理论知识的理解，不断完善自己的知识体系[9, 10]。该教学方式注重学生综合素质的培养，是理论走向实践的教学方法。以下将从多个维度探讨工程案例讨论在研究生教育中的重要作用。

1. 激发学习兴趣，从"厌学"到"乐学"

理论性强、抽象的课程往往使学生产生"厌学"情绪。《流体润滑理论》是一门理论性要求较强的课程，其理论以 Reynolds 方程为基础，其方法涉及微积分、计算方法等基础理论方法。然而需要强调的是《流体润滑理论》所有理论方法都源于轴承设计、监测、失效分析等实践活动，最终也必将服务于轴承应用实践。如果仅仅讲"润滑理论"不讲应用，所有理论必将成为"无源之水"、"空中楼阁"，学生也感到枯燥乏味，打击其对于课程的积极性。因此，课程需要适当的理论与实践相结合，这样不仅可以促进学生更好地理解理论，也可以活跃课堂氛围。案例的生动性和现实性能够吸引学生积极参与讨论，当学生了解到所学知识如何帮助解决现实工程问题时，他们的学习态度往往会发生根本性的变化，从而实现从"厌学"到"乐学"的转变。

2. 夯实基础，学有所用

课堂上案例讨论不代表无序地学习，不同的工程案例，会精心安排在课堂上相应的理论学习章节。学生通过工程案例讨论能够将抽象的理论与实际应用紧密结合，有助于学生加深对理论知识的理解。例如：课程中流体动压润滑理论的基本原理讲解之后，会安排航空液压泵柱塞副磨损严重的工程问题讨论。最终讨论的结果为：柱塞的往复运动会在柱塞一侧形成"发散间隙"，从而减小油膜压力，导致柱塞缸的磨损。这部分讨论以鲜活案例的形式印证前面所讲的"收敛油膜间隙促进产生动压，发散间隙降低动压"的理论，使学生对于这部分知识的理解更加深刻。在《流体润滑理论》课程中，还有很多实际润滑案例，了解流体润滑在机械设备中的具体应用，进而将抽象的公式和概念转化为实际工程问题中的解决方案，加

深对基础理论的理解和记忆。案例讨论能够帮助学生在实际场景中巩固和运用所学知识，达到学有所用的目的。

3. 不断交流，提升能力

研究生教育很可能是学生所经历的最后的校园教育，工科学生最终会走向社会，走向各个工程现场。而工程项目往往需要团队合作，案例讨论提供了一个学生之间互动与交流的平台。课堂案例讨论促进了学生之间的互动与交流，增强了团队协作能力。在讨论过程中，学生可以分享各自的见解与思路，通过与他人的交流碰撞，不仅能够拓宽思维，还能加深对问题的理解。学生通过课堂讨论，也能够在集体智慧中不断完善自己的思维方式，从而更好地掌握课程内容。此外，讨论过程中的反思和总结有助于学生提升自我认知，在锻炼口头表达能力的同时，增强解决问题的信心和能力。

4. 批判思维，解决难题

工程问题往往充满复杂性和挑战性，单纯依赖现有理论知识往往难以解决实际问题。在这种情况下，案例讨论能够鼓励学生从多维度分析问题，培养批判性思维能力。在课堂讨论过程中，通过对案例的深度剖析，学生需要从不同角度分析问题，提出合理的假设，不仅能发现问题的根源，还能探索出多种创新的解决方案。通过这种批判性思维的训练，学生不仅能提高解决复杂工程问题的能力，还能增强独立思考的能力。例如：《流体润滑理论》课程最后会讨论引起机械系统磨损失效的原因究竟是什么？教师会引导学生从力学角度分析摩擦副间隙设置不合理、受力不均匀对磨损的影响，从材料角度分析摩擦副表面性能对磨损的影响，从流体润滑角度分析油膜建立过程对磨损的影响，从而让学生明白工程问题的复杂性，解决问题途径的多样性，鼓励学生面对难题，敢于探索，用实践检验真理。

三、课堂案例讨论的实施与氛围营造

为了更有效地将案例讨论融入课堂教学，教师需要在教学方法和课堂氛围上做出一些创新与调整。以下将从教学方法、课堂管理及互动交流等方面探讨如何有效实施案例讨论。

1. 打破传统，不破不立

传统的教学模式往往侧重于教师的讲授，而学生则处于被动接受的状态，缺乏主动思考和交流。案例讨论则要求学生积极参与，这需要教师在课堂管理中采取更加灵活和创新的方式。在《流体润滑理论》课程中，为了打破传统的教学方式，让一向腼腆的学生勇于表达，首先要营造轻松活跃的课堂氛围。例如：在讨论课开始之前的课间十分钟，教师播放一些充满活力的轻音乐，并让助教给每位学生倒上一杯咖啡。在课堂上，教师可先给学生提供一个实际工程案例，鼓励他们先进行自主分析和小组讨论，然后再根据学生的反馈进行集体讨论。

通过小组讨论辩论，鼓励学生积极参与，提出自己的观点。讨论课堂上，教师要走下讲台，不再“正襟危坐”，融入学生讨论之中，给学生营造一种轻松的氛围。通过案例分析，教师不仅是知识的传递者，更是学生学习的引导者，教学活动变得更加灵活和生动。

2. 百花争艳，秩序井然

有效的案例讨论不仅需要学生的积极参与，还需要教师在课堂上营造良好的氛围以及有秩序的组织与引导。教师应根据课堂情况，合理安排讨论的进程和结构，注意调动每个学生的参与感，确保每位学生都有机会表达自己的观点，同时避免课堂讨论的无序化。案例讨论中教师要做好“主持人”的角色，避免课堂讨论无序发言的混乱，避免个别同学表达繁复冗长挤占其他同学表达机会的情况。教师可以通过设立清晰的讨论目标、明确每个环节的时间安排以及合理分配每个学生的发言机会，确保讨论的质量与效率。通过引导学生有针对性地思考问题，教师还可以引发学生对案例的深刻反思和分析，使课堂讨论呈现出“百花争艳”的生动局面。

3. 积极反馈，提升自信

在讨论过程中，教师积极的课堂反馈有助于学生增强自信。当前传统教育模式下成长起来的学生往往比较腼腆，一些学生不善表达，对于自己信心不足。在案例讨论中，教师对于学生提出的合理见解，要给予充分肯定；对于思考不充分或错误的地方，要耐心引导并提供改进的建议。正面的反馈能够增强学生的学习动力，帮助学生建立自信心，进一步激发他们参与讨论的热情，使他们在课堂上更加积极主动地参与讨论，提升学习效果。通过工程案例讨论不仅让学生学习知识，更使课程成为学生人格成长的课堂。

4. 及时总结，形散神不散

课堂讨论由于其形式比较自由，往往讨论内容丰富、涉及面广，学生上完课可能会有“不得要领”的感觉。因此需要教师进行及时地总结与归纳，做到讨论课堂“神不散”。在每次讨论结束时，教师除了对讨论的要点进行总结外，还需要帮助学生理清思路，确保学生能够在理解案例的基础上，深化对理论的掌握。通过总结可以加深学生对知识的理解，也能帮助他们在实际问题中更好地运用所学内容，同时也使课堂讨论不至于杂乱无章，从而保证学习的目标明确，学习效果达到最佳。

四、课程综合考查体系构建

为了确保教学效果的提升，课程的考核体系也应当有所创新。通过多元化的考核方式，可以全面评估学生的学习情况，并为学生提供更多展示自己能力的机会。

1. 课堂讨论

课堂讨论作为《流体润滑理论》课程的重要组成部分，应当纳入课程考核体系。学生在讨论中的参与度、问题分析能力以及解决方案的提出等方面，都可以作为评定学生成绩的依据。通过学生在课堂上的参与程度和表现，可以评估其对课程内容的理解和掌握情况。课堂讨论不仅考察学生的理论知识，还能考察其解决实际问题的能力和团队合作精神，同时也能够激励学生更加积极地参与课堂互动。

2. 课后心得与反思

课后心得作为课程考核的一部分，可以帮助学生更好地回顾和总结课堂学习内容，加深对课堂内容的思考和理解。有些学生可能对工程案例有很好的见解，但由于腼腆或者课堂讨论时间限制，没能很好地表达。课后心得是课堂的延伸和必要补充，使学生能用文字方式和老师交流。通过作业的方式让学生撰写心得报告，从而深化对所学知识的理解，同时也能表达自己的思考和见解，促进他们批判性思维的养成。心得报告也可以对课程进行总结，对工程实践与理论结合进行深刻反思。

3. 翻转课堂

《流体润滑理论》课程中涉及的知识比较丰富，学生对于案例的观点也各不相同。翻转课堂也可以作为本课程的一个考核点，给敢于走上讲台的学生一定的加分，鼓励学生表达。学习该课程的学生有些是在职研究生和博士生，他们本身已经有一定的工程经验，且在某些领域较为专业。一旦学生在讨论中涉及课程没有覆盖的知识点，教师要鼓励学生走向讲台，给大家进行专业性科普。这样既可以给学生更广泛的知识普及，也能进一步消除师生之间拘束感，从而更有效地调动学生的学习积极性。在《流体润滑理论》课程中有学生为从事水电机械方面的在职研究生，教师可以鼓励该学生给大家科普下水电轴承及其与润滑理论的关系，拓展课堂。

4. 作业设计

《流体润滑理论》课程作业设计是课程成绩的重要评判标准。传统的作业设计往往是扇形滑块推力轴承、圆柱轴承、椭圆轴承等简单滑动轴承的数值求解。学生往往通过修改往届学生的程序代码来完成作业，作业质量较低。课程教学中的案例融入作业设计中，不仅要求学生进行轴承流体动压计算，还鼓励学生通过开发的程序研究轴承各个参数对润滑性能的影响，并阐述相关机理。通过有针对性的作业设计，学生能够在课后进一步巩固所学知识，并激发学生创新精神。作业的内容与实际工程问题紧密结合，既能考察学生的理论基础，又能锻炼其解决问题的能力。

五、结束语

《流体润滑理论》课程作为一门理论性较强的学科，采用工程案例讨论为导向的教学模式，能够有效提升学生的学习兴趣，夯实基础，培养批判性思维，提升解决实际问题的能力。在新时代工科教育改革的背景下，结合工程案例分析的教学模式将为研究生教育提供新的思路。通过不断创新教学方法、优化课堂氛围和构建综合考核体系，我们能够培养出更多具有创新能力和实践能力的高水平工程型人才，为未来的工程发展和技术创新提供强有力的支撑。

参考文献

[1] 杨卫, 王孙禺, 吴小林, 等. 改革工科研究生教育着力培养卓越工程师 [J]. 学位与研究生教育, 2023, (01): 1-15.

[2] 卢雪英, 黄红武, 韩勇, 等. 工科研究生教育课程思政建设的实践与思考 [J]. 中国高等教育, 2022, (09): 35-7.

[3] 魏金丽, 赵玉兰, 齐新宇, 等. 以“研”突破的工科研究生课程教学模式改革与实践 [J]. 高教学刊, 2024, 10(21): 155-8.

[4] 周桂如. 流体润滑理论 [M]. 杭州: 流体润滑理论, 1990.

[5] 教育部工业和信息化部中国工程院关于加快建设发展新工科实施卓越工程师教育培养计划 2.0 的意见 [J]. 中华人民共和国教育部公报, 2018, (10): 13-5.

[6] 林佳妮, 胡德鑫, 夏淑倩, 等. 新工科研究与实践的发展现状、成效评价与未来趋势 [J]. 高等工程教育研究, 2024, (02): 38-43.

[7] 曾群锋. 工程摩擦学课程思政教学探索与创新 [J]. 高教学刊, 2024, 10(16): 181-4.

[8] 付八军, 陈霞玲. 倡导学以致用：创业型大学的价值取向——学术应用类创业型大学解读 [J]. 大学教育科学, 2021, (03): 94-100.

[9] 袁琦, 黄建清, 储春华, 等. 工程教育专业认证下“电机与拖动”课程工程案例教学实践 [J]. 教育教学论坛, 2024, (31): 169-72.

[10] 赵航, 唐恒, 罗烽. 以工程案例为引导的机械工程课程教学模式探讨 [J]. 大学, 2022, (08): 84-7.